ГЛАСНИК СРПСКОГ ГЕОГРАФСКОГ ДРУШТВА
BULLETIN OF THE SERBIAN GEOGRAPHICAL SOCIETY
ГОДИНА 2003. СВЕСКА LXXXIII - Бр. 1
YEARE 2003. TOME LXXXIII - N^o 1

Оригиналан научни рад UDC 911.2:551.58(497.11)

ГОРАН АНЂЕЛКОВИЋ*

ОСНОВНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ БЕОГРАДСКОГ ОСТРВА ТОПЛОТЕ

Садржај: Утицај човека на атмосферу и климу у градовима се манифестује изменом вредности свих климатских елемената. Још од почетка XIX века се сматра да се климатски утицај урбанизације најјасније испољава на температури ваздуха. Тачније, сви градови, и мањи, исто као и велики, имају вишу температуру ваздуха од своје непосредне околине. На тај начин долази до формирања градског острва топлоте. То важи и за Београд. Интензивност и размере тог феномена се мењају у времену и простору. Управо тај проблем је размотрен у овом раду.

Кључне речи: Острво топлоте, Београд, интензитет, динамика, варијације.

Abstract: The influence of the man on the city atmosphere and climate is manifested in the change of the values of all the climatic elements. Since from the beginning of the 19th century, it is cosidered that the climatic influence of the urbanization is most clearly manifested in the air temperature. To be more precise, all cities, big and small, have a higher air temperature than their immediate surroundings. And so, a urban heat island is being formed. That goes for Belgrade too. The intensity and the proportions of this phenomenon are changing within time and space. Precisely this problem is being discussed in this paper.

Key words: Heat island, Belgrad, intensity, dynamics, variation.

Увод

Имајући у виду свеукупност урбаних утицаја на атмосферу, данас је сасвим јасно да и мањи, исто као и велики градови, имају вишу температуру ваздуха од своје непосредне околине. На тај начин, сви градови образују структуру названу у климатологији *градско острво топлоте*, јер подсећа на стварна острва, чији је изглед на картама изохипси сличан облику изотерми на температурним картама. Осим тога, поменута структура представља поље више температуре ваздуха у хладнијој околини аналогно стварним острвима која се при сунчаном времену загреју више него околно море. Интензивност и размере тог феномена се мењају у времену и простору под утицајем фона метеоролошких услова, месних особености и карактеристика града (Оке Т. Р., 1982). Разлика између урбанизоване територије и сеоске средине у окружењу зависи од синоптичких услова, и у том смислу велики допринос имају фактори образовања топоклимата. Градска клима је најизраженија у антициклоналним ситуацијама, када је време мирно и ведро. Разлике се смањују у условима облачности и појачаног ветра. Изучавање острва топлоте може бити спроведено посматрањем температура у одређеним тренуцима (синоптичким ситуацијама) или у дужим временским интервали-

* **Мр Горан Анђелковић**, асистент, Географски факултет, Студентски трг 3/3, Београд. Рад примљен 03.04.2003. г.

ма (једној или током више година). У том смислу се острво топлоте појављује и као синоптичка и као статистичка творевина.

Пошто су узроци измене климе у градовима (као комплексног феномена) различити, то се појављују различита схватања и о доминантним узроцима постанка урбаних острва топлоте. Као главни фактори раста температуре ваздуха у градовима, са последицама на особине острва топлоте, истичу се (Анђелковић Г., 2002):

- различито загревање подлоге Сунчевим зрацима (острво топлоте је израженије лети и у вечерњим сатима),
- антропогена емисија топлоте (острво топлоте је израженије зими и касно ноћу) и
- емисија гасова стаклене баште (острво топлоте је доста уједначеног интензитета).

Вероватно је да у малим градовима доминира први (Fallot J. M., 1986), а у великим и индустријски развијеним градовима други или трећи фактор (Шегота Т., 1988). Сигурно је да су сви утицаји на климу у урбаним просторима непосредно или посредно (преко других климатских елемената) и генеративни фактори острва топлоте. Видећемо на примеру Београда да анализа карактеристика урбаних острва топлоте може да укаже на преовлађујући утицај једног фактора.

Интензитет острва топлоте

Интензитет урбаног острва топлоте се најједноставније може дефинисати као величина разлике у температури ваздуха између града и његове непосредне околине ($\Delta T_{U\text{-}R}$). Када се говори о температури ваздуха онда се мисли на њене бројне параметре, од средњих, преко терминских и екстремних вредности, до броја дана са карактеристичним температурама и њиховим честинама. Најбоље је да се упоређују параметри температуре ваздуха између станица у граду и њиховој непосредној околини (по дефиницији). Али то често није могуће па се у обзир узимају и станице које су доста удаљене од урбаних територија, што у условима једноличног географског простора и не мора бити велики недостатак. Код великих градова најчешће се врше упоређивања са станицама које леже уз аеродромске комплексе (аеродроми су скоро увек уз градове, а ван урбанизоване територије). Те станице имају довољно дуге низове осматрања, који су хомогени јер имају квалитетне инструменте, осматрања се врше сваког часа и на њима раде професионални осматрачи. Међутим, за урбана микроклиматолошка истраживања све то није довољно. За детаљно испитивање динамике и структуре острва топлоте неопходна су просторно и временски гушћа осматрања и мерења. Ту спадају тзв. тачкаста и маршрутна мерења. Прва се спроводе на местима где се очекују одређене карактеристичне ситуације, а друга се као мобилна изводе на процењеним репрезентативним профилима.

Погледаћемо колики је интензитет београдског острва топлоте према најважнијим параметрима температуре ваздуха. Упоредићемо њихове вредности на Метеоролошкој опсерваторији[1] (урбани простор) и на аеродрому у Сурчину[2] (рурални простор). Међутим, упоређивање се може извести и са станицама у удаљенијим местима, а која имају сличан географски положај и сличне природне карактеристике, односно које припадају истим или блиским климатским регионима.

[1)] Метеролошка опсерваторија је смештена у Карађорђрвом парку, скоро у средишту Београда, на 132 m надморске висине и на 44º 48’ с.г.ш. и 20º 28’ и.г.д.

[2)] Београдски аеродром се налази код места Сурчин, око 3 km удаљен од насеља и исто толико од западне границе урбанизоване територије Београда. Круг метеоролошке станице се налази у северозападном делу аеродромског комплекса, 195 m удаљен од писте. Станица репрезентује типичне сеоске услове београдске околине. Од Метеоролошке опсерваторије је удаљена око 17 km у правцу запад-северозапад. Координате станице су 44º 49’ с.г.ш., 20º 18’ и.г.д. и 96,5 m надморске висине.

Средња годишња температура је основни показатељ интензитета острва топлоте. До њене вредности се релативно лако долази, с тим што се мора узети у обзир географски положај града, као и микролокација осматрачке станице. Најбитније је обратити пажњу на надморску висину станица чије се температуре упоређују. Са коришћењем термичких градијената треба бити обазрив и њихове вредности узети са резервом јер су оне често генерализоване за велике територије. Зато је најбоље упоређивати само станице које леже на приближно истим висинама.

Анализирајући средње годишње температуре у Београду и његовој широј околини, то јест у српском Подунављу и Посавини око 45° географске ширине, у климатском периоду 1961-1990. година, запажа се следеће: Београд има исту температуру као и Нови Сад - Петроварадин, 11,8 ºC, Панчево има 11,1 ºC, Сремска Митровица 10,8 ºC, Шабац 11,0 ºC, Велико Градиште 10,9 ºC. Види се да је Панчево, само двадесетак километара од Београда и са урбанизацијом и индустријализацијом који нису занемарљиви фактор, за 0,7 ºC хладније. Занимљиво је да у непосредној близини Новог Сада сеоска станица Римски Шанчеви има за готово читав степен нижу температуру, односно 10,9 ºC. Остала места у околини Београда, као што су Ваљево са 10,9 ºC, Смедеревска Паланка са 11,0 ºC и Зрењанин са 10,9 ºC, имају такође нижу средњу годишњу температуру. Нешто вишу температуру имају Вршац (11,4 ºC) и Бела Црква (11,2 ºC), мада су и они хладнији од Београда. Други фактори, на првом месту повољнији услови циркулације, код ових градова утичу на пораст температуре (Радовановић М., 2001). Ови примери су најиндикативнији показатељ да је Београд право острво топлоте у хладнијој околини (интензитет од 0,4 до 1,0 ºC); што се може рећи и за Нови Сад, други по величини град у овом делу Србије. Све поменуте станице леже на сличној географској ширини (разлике мање од 1° ширине), и на надморским висинама између 80 и 120 m (осим Ваљева), које су мање од висине Метеоролошке опсерваторије у Београду. То значи да би евентуално урачунавање вредности температурних градијената показало још већи интензитет острва топлоте (мања висина има и друге последице). Сремска Митровица и Велико Градиште, две синоптичке станице са сличним географским положајем (блиске географске ширине, поред великих река и на висинама чак 50 m испод Београда: 81 и 82 m) могу бити најрелевантнији показатељ острва топлоте Београда.

Најпоузданије се београдско острво топлоте може истаћи поређењем температурних прилика у граду са онима код аеродрома у Сурчину. Средња годишња температура ваздуха код аеродрома, израчуната на основу мерења у периоду 1971-1990. година, износи 11,2 ºC. У истом периоду (најинтензивнијег урбаног развитка) у центру Београда, на Метеоролошкој опсерваторији, средња годишња температура је износила 11,9 ºC. Интензитет урбаног острва топлоте, значи, износи 0,7 ºC. Уз то треба имати у виду да је Станица у Сурчину на 36,5 m мањој надморској висини од Опсерваторије.

Проучавања интензитета острва топлоте над урбаним подручјима у свету дала су резултате сличне београдским. Посебно су важна истраживања у околним земљама. Храбак-Тумпа Г. (1987) потврђује резултате својих претходника (Макјанић Б. и др., 1977. и Шегота Т., 1986; за различите периоде) да "интензитет топлинског отока Загреба износи 1 ºC". Исти аутор истиче да је за подручје Беча установљена разлика од 2 ºC. Шегота Т. (1988) наводи за поједине градове следеће податке: Париз 0,7 ºC, Чикаго 0,6 ºC, Њујорк 1,1 ºC, Москва 0,7 ºC, Берлин 1 ºC, Милано чак 1,3 ºC итд.

Разлике у температурама између града и његове непосредне околине ($\Delta T_{U\text{-}R}$) могу бити знатно веће ако се узму у обзир неке друге температуре (не само средње годишње). Веома су индикативни одређени параметри *екстремних температура*. Док параметри максималних температура не показују велике разлике, минималне температуре у градовима су знатно више него у околини. Урбанизација као комплексан процес са скоро свим својим одликама највећи утицај има на минималну температуру,

што се истиче од стране низа аутора (Оке Т. Р., 1982; Ландсберг Г. Е., 1983; Park H. S., 1987; Ункашевић М., 1994).

Апсолутни минимум температуре представља добар показатељ постојања острва топлоте јер је уопште под великим утицајем локалних фактора. То је параметар који се добија издвајањем најниже измерене температуре у неком вишегодишњем низу. У табели 1 су приказани апсолутни минимуми температуре у низу од 30 година (нормалног климатског периода 1961-1990) на неким станицама у широј околини Београда. Те вредности су издвојене за сваки месец и за целу годину.

Табела 1. Апсолутни минимуми температуре (T_n изражено у ºC) у Београду и на станицама у његовој широј околини (1961-1990).

Место		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
Београд	T_n	-21.0	-15.4	-12.4	-1.9	1.6	4.6	9.3	6.7	0.6	-2.7	-8.0	-15.1	-21.0
	Дат.	24.63.	14.85.	4.87.	2.65.	13.78.	7.62.	1. 64.	29.81.	29.70.	25.70.	26.75.	16.67.	24.1.63.
С.Митровица	T_n	-29.5	-22.5	-17.3	-3.4	-0.3	2.7	7.7	5.8	-2.0	-5.4	-13.5	-18.6	-29.5
	Дат.	31.87.	27.86.	8.87.	15.86.	13.78.	9.62.	8.90.	29.81.	30.70.	23.76.	24.88.	16.67.	31.1.87.
Шабац	T_n	-29.2	-30.0	-15.5	-2.7	0.3	1.5	7.3	4.5	-1.7	-5.5	-10.0	-17.0	-30.0
	Дат.	24.63.	17.85.	5.87.	2 65.	13.78.	9.62.	2.64.	29.81.	30.70.	28.88.	26.75.	28.62.	17.2.85.
Ваљево	T_n	-28.4	-23.3	-15.7	-5.0	-1.4	3.4	7.3	3.2	-2.4	-6.1	-15.3	-21.0	-28.8
	Дат.	24.63.	14.85.	8.76.	15.86.	13.78.	4.77.	1.80.	29.81.	29.77.	26.79.	26.75.	28.62.	24.1.63.
С.Паланка	T	-30.5	-25.7	-18.1	-5.0	-0.8	1.5	6.5	5.1	-3.3	-7.3	-16.5	-23.6	-30.5
	Дат.	23.63.	14.85.	13.71.	12.68.	13.78.	9.62.	1.71.	26.80.	29.77.	30.71.	27.75.	28.62.	23.1.63.
В.Градиште	T_n	-26.4	-22.6	-16.0	-4.0	-1.0	2.4	7.7	6.1	-2.1	-5.1	-14.2	-19.1	-26.4
	Дат.	25.63.	17.85.	10.87.	2.65.	13.78.	9.62.	28.75.	28.84.	30.70.	30.71.	26.75.	2.73.	25.1.63.
Бела Црква	T_n	-28.5	-21.9	-16.7	-6.1	-1.0	1.8	6.0	5.5	-2.7	-6.6	-13.4	-20.4	-28.5
	Дат.	24.63.	15.85.	1.63.	2.65.	13.78.	9.62.	2.62.	26.80.	30.70.	30.71.	27.75.	2.73.	24.1.63.
Вршац	T_n	-32.6	-24.0	-21.5	-6.1	-1.2	0.7	4.8	4.3	-4.2	-8.0	-13.6	-23.9	-32.6
	Дат.	24.63.	14.85.	5.87.	2.65.	13.78.	1.90.	10.85.	31.79.	30.70.	30.71.	27.75.	21.67.	24.1.63.
Панчево	T_n	-29.5	-17.8	-14.5	-2.6	-0.5	3.5	8.0	5.0	-1.5	-6.5	-13.7	-20.5	-29.5
	Дат.	16.63.	21.78.	19.62.	3.74.	13.78.	4.77.	1.80.	29.81.	30.77.	23.90.	27.75.	2.73.	16.1.63.

Као што се може видети, Београд има највишу апсолутну минималну температуру у свим месецима. Највећа разлика у једном месецу важи за фебруарски минимум у односу на Шабац (у Београду -15,4 ºC, а у Шапцу -30,0 ºC). Ови минимуми су се јавили у истој години, и у размаку од три дана. Апсолутни минимум за тридесетогодишњи период у Београду (-21,9 ºC) је чак 5,4 ºC изнад највишег минимума на осталим станицама (Велико Градиште: -26,4 ºC). Веома је важно и то да су датуми у којима се јавила најнижа температура често исти. Та чињеница истиче утицај локалних фактора, јер се ради о истим синоптичким условима за све станице на овом простору. Осим тога, овде се запажа да једино Београд има период без мраза који траје пет месеци, тј. обухвата месеце мај и септембар који су у другим местима са мразом. Чињеница да су у Београду најниже измерене температуре у свим месецима више него у његовој широј околини и да се једино у њему, током посматраног периода, мраз не појављује у мају и септембру, указује да су фактори који спречавају да се у Београду температура спусти ниско као у околини активни и лети и зими. Ипак, мора се истаћи да су разлике у летњим минимумима знатно мање од зимских. То се у табели јасно види и може

да укаже на утицај интензивније антропогене продукције топлоте током зиме. Разлике су лети мање без обзира на веће акумулирање топлоте од стране грађевинских материјала током лета, него током зиме.

Ако упоредимо апсолутне минимуме у граду и на аеродрому добијамо сличне резултате. У табели 2 можемо видети да су у свим месецима њихове вредности више у граду. Највећа разлика је у месецу јануару (7,8 ºC), а најмања у мају (0,2 ºC). Међутим, кад су у питању апсолутно максималне температуре ситуација је другачија. У три месеца (април, јули и август) вредности су више на аеродрому, а у два месеца су једнаке са температурама у граду (мај и октобар). У свим случајевима разлике су знатно мање него код минимума или их уопште нема. Апослутно максимална температура је чак за 0,6 ºC виша на аеродрому.

Табела 2. Апсолутни екстреми температуре ваздуха (ºC) у Београду и Сурчину (1971-1990).

Параметар	Место	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
Максимуми	Београд	19.6	23.0	28.9	29.4	34.1	35.7	40.2	38.2	35.3	29.0	28.4	22.6	40.2
	Сурчин	17.8	22.0	28.0	29.6	34.1	36.2	40.8	38.7	34.6	29.0	26.8	21.0	40.8
Минимуми	Београд	-18.2	-15.4	-12.4	-0.5	1.6	6.2	9.4	6.7	3.4	-2.6	-8.0	-11.5	-18.2
	Сурчин	-26.0	-20.4	-16.1	-2.1	1.4	4.6	7.2	5.9	0.4	-4.9	-15.1	-14.6	-26.0

Вековни ход температуре ваздуха у Београду се одликује изразитим порастом средњих минималних температура (средње минималне температуре представљају аритметичку средину дневних минимума у неком периоду). Анализом декадних вредности средњих минималних температура у периоду од 1891. до 1990. године може се видети да разлика између прве (1891-1900) и последње декаде (1981-1990) износи 1,7 ºC (Ункашевић М., 1994). Коришћењем технике нумеричког филтрирања ниских фреквенција Панин С. (1987) доказује ову чињеницу. По њему, у периоду 1888-1985. година у Београду средње минималне температуре изразито расту, док средње годишње температуре бележе благи пораст, а средње максималне температуре не показују јасан тренд. Ункашевић М. (1994) упоређује средње минималне температуре у центру Београда (Опсерваторија) и на станицама у Радмиловцу и Тамнави за период 1970-1989. година и утврђује да интензитет острва топлоте по овом показатељу износи 2 до 3 ºC.

Средњи годишњи минимум на Метеоролошкој опсерваторији (период 1971-1990. година) износи 7,9 ºC, а на аеродрому 6,4 ºC. Тако је интензитет острва топлоте 1,5 ºC. Разлика средњих вредности дневних максимума је сасвим другачија. Она износи само 0,2 ºC, јер је средњи максимум у граду 16,6 ºC, а на аеродрому 16,4 ºC. Израженост острва топлоте може се добро представити и бројем мразних дана (минимална дневна температура испод 0 ºC). Тај број у Београду износи 58,2, а на аеродрому 77,8. Број тропских дана (максимална дневна температура једнака или већа од 30 ºC) је тек нешто већи у граду него на аеродрому (23,0 према 22,8). Ове чињенице потврђују став са почетка овог рада да код доминантног утицаја антропогене продукције топлоте интензитет острва топлоте мора бити најизраженији зими и касно ноћу, односно код минималних температура.

Динамика острва топлоте

Острво топлоте није стационарна категорија. Оно подлеже како периодичним тако и непериодичним променама. У градовима који се развијају његов интензитет по правилу током времена расте, а простор који оно захвата се шири. Осим ових промена, које имају јасан узлазни тренд, јављају се и друге непериодичне промене интензитета условљене најчешће метеоролошким факторима (нпр. честине антициклонских

стања), а ређе антропогеним утицајима (нпр. интервенције у близини осматрачке станице). Различите периодичне промене, које подразумевају колебање интензитета острва топлоте током периода исте или различите дужине, можемо назвати варијације или флуктуације острва топлоте.

Раст острва топлоте (тачније његовог интензитета) се прати упоређивањем два низа температура ваздуха; један чине температуре мерене у граду, а други у његовој непосредној околини која није захваћена урбаним утицајима. Оправданост овакве методе је очигледна. Градови представљају динамичне категорије: људи унапређују начин живота у граду, трансформација енергетских облика се усавршава, а њен обим повећава, обично се погоршава састав атмосфере у градовима, структура површине коју град захвата се непрекидно мења, мења се тиме и вештачки рељеф градова, а они се шире у простору. На тај начин непрекидно се мењају топлотни услови. Те промене су по правилу такве да условљавају повећану производњу и веће задржавање енергије у простору који град захвата. Услед тога температура ваздуха у граду расте. Са друге стране, у ретко насељеној околини градова (ван урбаног топлотног дејства) - у пољу, таквих промена нема. Ти услови се сматрају сеоским условима, јер се ретка насељеност и изграђеност у овом случају могу занемарити.

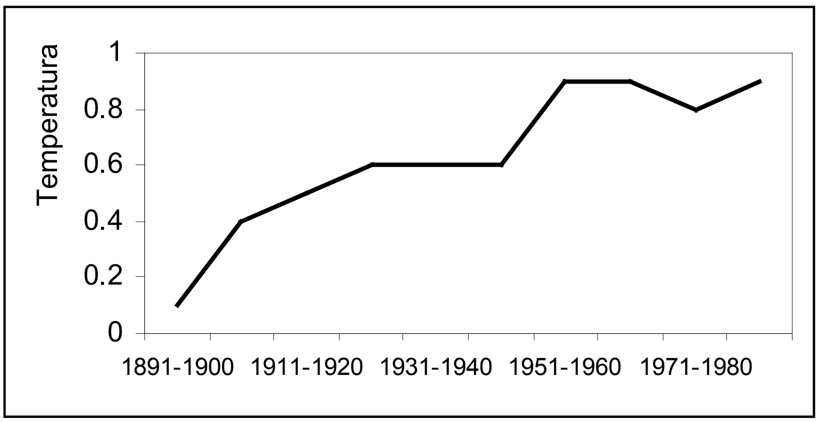
Потребно је упоређивати што дуже низове осматрања, најбоље би било да низови почињу у време пре изградње града. Тада би се чак интензитет острва топлоте потпуно показао јер би биле елиминисане све природне локалне разлике које долазе до изражаја поређењем садашњих температура. Добио би се чист антропогени утицај. Међутим, данас је врло тешко обезбедити такве низове осматрања. Осматрања у Београду су почела доста рано. У импровизованим условима мерења су почела још средином XIX века (од 1. јануара 1948. године), а у Опсерваторији крајем века (од 1. јула 1887. године). Ипак, у околини Београда осматрања дуго није било. Најдужи низ осматрања на некој станици у широј околини Београда формирали су Катић П., Марић Н. и Хаџивуковић С. (1986) допуњавањем, за метеоролошку станицу на Римским Шанчевима. Станица Римски Шанчеви се налази непосредно поред Новог Сада, тачније 10 km северно од његовог центра. Метеоролошка осматрања на подручју Новог Сада су вршена још од 1875. године, али на различитим локацијама. Од 1948. године започињу мерења у Римским Шанчевима. На основу тих мерења, као и допуњавањем на основу података са других локација, поменути аутори су одредили вредности средњих месечних температура ваздуха за Римске Шанчеве од 1881. године. У циљу изучавања специфичности климе Новог Сада они су у раду приказали средње десетогодишње вредности температуре ваздуха до 1980. године, што се, између осталог, може видети у табели 3.

Користећи те податке и вредности средњих десетогодишњих температура ваздуха у Београду, Дуцић В. и Анђелковић Г. (2001) добијају да је интензитет београдског острва топлоте порастао са 0,1 ºC (прве деценије, 1891-1900) на 0,9 ºC (последње деценије, 1981-1990). Добијен је, значи, раст од 0,8 ºC за сто година, под условом да нема "природне разлике" у температури између Београда и Римских Шанчева. На слици 1 се јасно види да ΔT_{U-R} интензивно расте до тридесетих година прошлог века. Иако је тада било три рата, то је период и интензивне изградње и развоја Београда. У периоду око Другог светског рата запажа се стагнација, али после тога долази до експанзије социјалистичке привреде, нагле урбанизације и индустријализације, што се одражава у изразитом порасту температуре у главном граду. Испитивања вишегодишњег тока интензитета острва топлоте у граду у односу на аеродром, потврдила су њихове резултате да се у периоду од седме (1951-1960) до десете декаде (1981-1990) интензитет острва топлоте значајно не мења (Анђелковић Г., 2002). Осматрачка станица на аеродрому Београд ради од 1962. године, а тада је центар града физиономски и у смислу термичке продуктивности већ достигао данашњи ниво, па се у периоду

1963-1990. година не може запазити јасан тренд ΔT_{U-R}. Другим речима, током тог периода окружење Метеоролошке опсерваторије није добило нове значајне изворе топлоте, нити је степен изграђености простора значајније промењен.

Табела 3. Стогодишњи ток средњих декадних температура (ºC) ваздуха у Београду и у Римским Шанчевима (Дуцић В., Анђелковић Г., 2001).

Године	Београд	Римски Шанчеви	Разлика
1891 - 1900	11.2	11.1	0.1
1901 - 1910	11.2	10.8	0.4
1911 - 1920	11.3	10.8	0.5
1921 - 1930	11.7	11.1	0.6
1931 - 1940	11.5	10.9	0.6
1941 - 1950	12.1	11.5	0.6
1951 - 1960	11.9	11.0	0.9
1961 - 1970	11.8	10.9	0.9
1971 - 1980	11.7	10.9	0.8
1981 - 1990	12.0	11.1	0.9
Сред.	11.6	11.0	0.6



Слика 1. Пораст декадних разлика у температури ваздуха (ºC) између Београда и Римских Шанчева током периода 1891-1990. година (Дуцић В., Анђелковић Г., 2001).

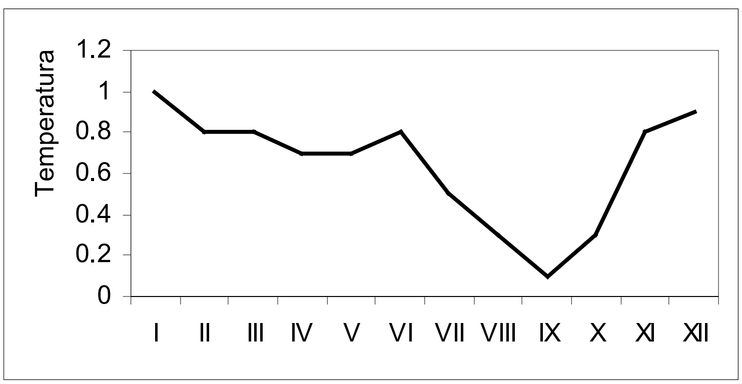
Овде је приказан само раст интензитета острва топлоте, међутим, оно се током историје града сигурно и ширило у простору. Иако је насељавање на територији Београда почело далеко пре нове ере, до ширења града и утицаја на пространост острва топлоте могло је доћи тек гушћом изградњом ван зидова градске тврђаве. До првог великог ширења је дошло после пада Београда под турску власт 1521. године, када је Београд бројао близу 100.000 становника. Међутим, тек ослобађањем од Турака, озбиљном урбанизацијом и индустријализацијом, пространство београдског острва топлоте, као и његов интензитет, постају значајан фактор у простору. Тај период је дуг око век и по, али недостатак мреже станица на целом данашњем простору града током тог вишегодишњег периода онемогућава егзактно доказивање просторног ширења београдског острва топлоте.

Интензитет урбаних острва топлоте има своје дневне, недељне и годишње *варијације*. Узроци ових варијација су природни и антропогени. Понављају се углавном у ритмовима истог трајања, али могу бити нарушене већим честинама неповољних синоптичких ситуација.

Генерално посматрано, градови су и зими и лети топлији од своје околине. Међутим, разлике су веће током хладне половине године. То је већ доказано код апсолутних температура, али да сада погледамо тај проблем са аспекта варијација различитих параметара. Најбитније су средње температуре. Филаделфија је зими топлија од околине за 1 ºC, а лети само за 0,2 ºC (Шегота Т., 1988). Средња годишња температура ваздуха у Ташкенту је 0,7-0,9 ºC виша него у предграђу, али у хладном делу године разлика средњих месечних температура достиже 1,7-2,0 ºC, а минималних 2,5 ºC (Глазырин Г. Е., Домашева Н. А., Морозюк Ж. В., Яковлев А. В.; 1991). По Адаменку В. Н. (1979) генерално су градови на нивоу године топлији од околине за 0,5-1 ºC, а зими 1-2 ºC. Тако је и у Београду. Интензитет острва топлоте (у периоду 1971-1990. година) опада од зимских ка летњим месецима (таб. 4). На слици 2 се јасно види да свој максимум достиже у јануару (1 ºC), а у периоду јул-октобар он се смањује више него дупло (испод 0,5 ºC) са минималном вредности у септембру (0,1 ºC). Средња вредност $\Delta T_{U\text{-}R}$ током зиме износи 0,9 ºC, а током лета пада на 0,5 ºC. Током пролећа интензитет је 0,7 ºC, а током јесени је најнижи и износи 0,4 ºC.

Табела 4. Годишњи ток температуре ваздуха у центру града и на аеродрому Београд са интензитетом острва топлоте (ºC).

Место	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
Београд	1.1	2.9	7.6	12.1	17.3	19.9	21.7	21.2	17.5	12.1	6.1	2.9	11.9
Сурчин	0.1	2.1	6.8	11.4	16.6	19.1	21.2	20.9	17.4	11.8	5.3	2.0	11.2
Разлика	1.0	0.8	0.8	0.7	0.7	0.8	0.5	0.3	0.1	0.3	0.8	0.9	0.7



Слика 2. Годишњи ток интензитета острва топлоте у Београду (ºC) .

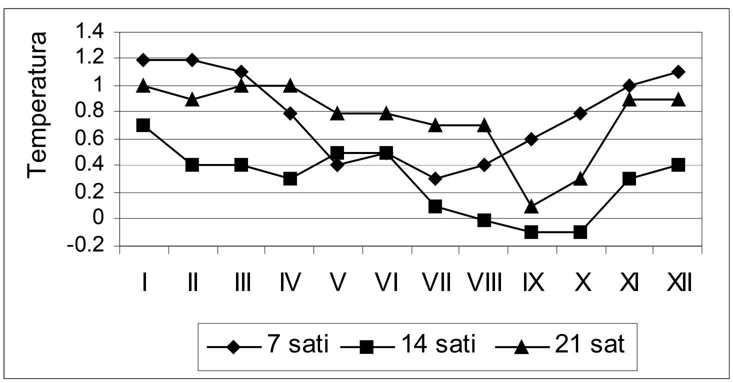
Најизраженији је дневни ход интензитета урбаних острва топлоте. Шегота Т. (1988) истиче: "Када се мисли на градско острво топлоте, онда то пре свега вреди за ноћ. Ноћу, а не дању, град је знатно топлији од околине." Ова чињеница је потпуно потврђена у урбаној климатологији (Ландсберг Г. Е., 1983; Оке Т. Р., 1982; Park H. S., 1987. итд), па самим тим важи и за Београд (што потврђују радови: Поповић З., 1987. иУнкашевић М., 1994). Разлози постојања дневног хода температурних разлика су добро познати: појачана механичка турбуленција дању, веће израчивање урбане подлоге ноћу и наравно антропогена емисија топлоте у граду (која је у селу занемарљива). Амплитуда дневних варијација су такве да у неким градовима око поднева величина $\Delta T_{U\text{-}R}$ чак може променити знак, односно град може бити хладнији од окружења (Оке Т. Р., 1982, Park H. S., 1987). Објашњење ове појаве у поменутом раду Оке не даје, али Парк истиче (проучавајући острва топлоте код градова у Јапану и Јужној Коре-

ји) да је она карактеристична само за приморске градове (у односу на залеђе) и да је последица хладних дневних струјања са мора. У Београду се негативан интензитет острва топлоте у статистичком смислу појављује само током лета и то код високих температура: терминских и средњих дневних максимума. То је највероватније последица микролокације станица: метеоролошки круг Опсерваторије је у парку, окружен дрвећем и удаљен од великих зграда, а онај на аеродрому је на отвореном, у равници и недалеко од писте која се, као и голо земљиште, може за време ведрих дана јако загрејати.

Када се упореде просечне годишње температуре ваздуха мерене у климатолошким терминима (7, 14 и 21 час) у центру града и на аеродрому, долази се до закључка да острво топлоте Београда има највећи интензитет у вечерњим часовима. Као што се у табели 5 види у 21 час он износи 0,9 ºC, нешто је мањи у јутарњим часовима (0,7 ºC), а најнижу вредност бележи у 14 часова, када се очекују максималне дневне температуре, и износи само 0,2 ºC у просеку.

Табела 5. Просечне терминске вредности $\Delta T_{U\text{-}R}$ (ºC) између центра града и аеродрома Београд.

Термини	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
7 часова	1.2	1.2	1.1	0.8	0.4	0.5	0.3	0.4	0.6	0.8	1.0	1.1	0.7
14 часова	0.7	0.4	0.4	0.3	0.5	0.5	0.1	0	-0.1	-0.1	0.3	0.4	0.2
21 часова	1.0	0.9	1.0	1.0	0.8	0.8	0.7	0.7	0.1	0.3	0.9	0.9	0.9



Слика 3. Годишњи ток терминских вредности интензитета острва топлоте (ºC) Београда (према табели 5).

Не сме се занемарити чињеница да се дневни ход интензитета острва топлоте знатно разликује лети и зими. Највиша просечна месечна терминска вредност износи 1,2 ºC у 7 часова током јануара, али се у јулу спушта на само 0,3 ºC. У мају је она, са 0,5 ºC, чак нижа од друге две вредности. У 21 час интензитет острва топлоте бележи током већег дела године високе вредности (0,7 до 1,0 ºC), али се у септембру и октобру спушта врло ниско (септембар само 0,1 ºC). Очекивано ниске вредности у 14 часова су у августу једнаке нули, а у наредна два месеца чак мењају знак (-0,1 ºC). Овакав годишњи ток терминских температура се може лепо видети са слике 3. На велике годишње вредности интензитета у 21 час највише утиче израчивање Сунчеве топлоте у вечерњим часовима акумулиране током летњих дана у грађевинским материјалима, а тек онда интензивно вечерње загревање просторија. Високе јутарње температурне разлике на нивоу године највероватније су последица антропогене емисије топлоте.

Терминске вредности интензитета острва топлоте су добар показатељ дневних варијација, али не одражавају у потпуности његове амплитуде. Као што је већ показано урбана острва топлоте су највише изражена код минималних, а најмање код максималних температура. То се јасно види у табели 6, а осим тога могу се видети тачне вредности средњих месечних екстрема у граду и на аеродрому. Средњи дневни максимуми температуре су током лета и почетком јесени у Београду приближно једнаки максимумима у Сурчину, док се у осталом делу године разлике крећу око 0,5 ºC. Међутим, вредности минимума су током целе године око 1,5 ºC виши у Београду. То значи да је годишњи ток интензитета острва топлоте врло стабилан када су у питању средњи дневни минимуми, а да је јако изражен посматрано са аспекта средњих дневних максимума (иако су месечне вредности врло ниске). Просечне дневне амплитуде $\Delta T_{U\text{-}R}$ износе на годишњем нивоу 1,3 ºC. Њихова мала вредност током зиме говори о активности фактора раста температуре током целог дана.

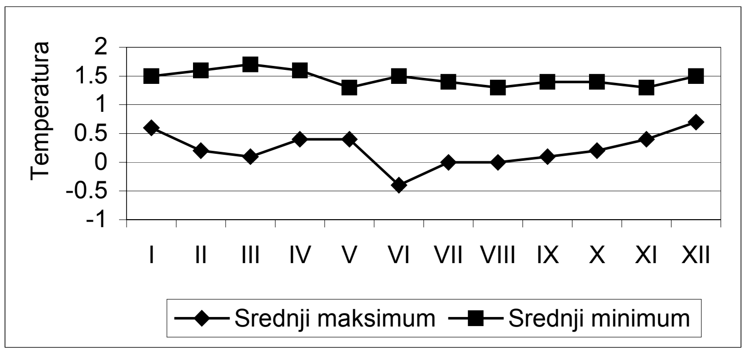
Табела 6. Годишњи ток средњих вредности екстремних температура (ºC) у центру и на аеродрому Београд.

Место		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
Београд	Max	4.3	6.6	12.3	17.2	22.6	25	27.2	27.1	23.4	17.5	10	6.1	16.6
	Min	-1.5	0.1	3.7	7.6	12.3	14.9	16.4	16.2	13	8.2	3.3	0.4	7.9
Сурчин	Max	3.7	6.4	12.2	16.8	22.2	25.4	27.2	27.1	23.3	17.3	9.6	5.4	16.4
	Min	-3	-1.5	2	6	11	13.4	15	14.9	11.6	6.8	2	-1.1	6.4
Разлика	Max	0.6	0.2	0.1	0.4	0.4	-0.4	0	0	0.1	0.2	0.4	0.7	0.2
	Min	1.5	1.6	1.7	1.6	1.3	1.5	1.4	1.3	1.4	1.4	1.3	1.5	1.5

Веома је важно познавање температурних разлика у реалним условима, тј. у одређеном дану, а не у просеку. Поповић З. (1987) је проучавао дневни ток температуре ваздуха на пет метеоролошких станица тзв. градске мреже (Метеоролошка опсерваторија, аеродром Сурчин, Земун поље, Миљаковац и Зелено брдо) током два зимска дана 1987. године (26. и 31. јануар). Првог дана наша земља се налазила у топлом сектору југозападног дела пространог циклона чији је центар био северно од Москве, а другог дана је била заступљена стабилна антициклонска ситуација са негативним температурама током целог дана. У оба дана је интензитет острва топлоте имао одлично изражен дневни ход. Занимљиво је да су разлике између града и околине у оба случаја биле приближно истих вредности. Анализирајући разлике између градских и станица у окружењу закључено је да је ноћу у граду било топлије за 5-10 ºC, а дању од 0 до 3 ºC. Оволике разлике нису ништа необично. У Карлсруеу је 23. јула 1929. године у 21 час између средишта града и периферије утврђена разлика од 7 ºC, а у Берлину је једног дана 1936. године та разлика износила 10 ºC (Шегота Т., 1988). За подручје Беча је установљено да за време мирних и ведрих ноћи разлика може достићи и 5 ºC (Храбак-Тумпа Г., 1987). Говорећи о енергији и аерозагађењу у Сарајеву, Тухтар Д. (1981) истиче: "Температурне разлике су нормално веће током зиме (и ноћи) него током лета (и дана)". Нешто касније он помиње и конкретне вредности: "Температурна разлика између центра града Сарајева и сарајевског аеродрома зими зна достићи и 12 ºC, док је лети та разлика знатно мања".

Једна периодична флуктуација температурних разлика између града и околине, откривена од стране Мичела (Mitchell J. M. Jr., 1961), веома јасно истиче само један узрок стварања урбаног топлотног острва - антропогену емисију топлоте. Реч је о недељном циклусу величине $\Delta T_{U\text{-}R}$, који је Мичел проучавао у америчкој савезној држави Конектикет на примеру зимских разлика у температури између града Њу Хејвена и његовог аеродрома (Ландсберг Г. Е., 1983). Резултати тог истраживања су индикатив-

ни: за време радних дана, када су антропогена извори топлоте потпуно активни, интензитет острва топлоте (ΔT_{U-R} = 0,6 до 0,7 ºC) је дупло већи него викендом (недељом: ΔT_{U-R} = 0,3 ºC). Овде се ради о разликама средњих дневних температура, а сличан однос је и између средњих дневних минимума (1,2 ºC према 0,6 ºC), док средње максималне температуре не показују разлике. Друга истраживања (Landsberg H. E., Brush D. A.; 1980) потврђују наведену појаву током зиме, али за лето не дају очекиване резултате. Очигледно је да утицај антропогене емисије топлоте долази до пуног изражаја током зиме, па би овакве резултате требало очекивати и у Београду. Осматрања на Метеоролошкој опсерваторији и на аеродрому Београд пружају довољно података да се ова хипотеза и потврди, али с обзиром на њихову недоступност питање доказивања остаје отворено. Корист од конкретних резултата не би била само теоријска него и вишеструко практична.



Слика 4. Годишњи ток разлика средњих дневних максимума и минимума температуре (^{0}C) између центра града и аеродрома Београд.

Просторна структура острва топлоте

Веома важна одлика урбаних острва топлоте јесте да њихов интензитет не расте континуирано од периферије ка градском центру. Другим речима, урбана острва топлоте нису хомогена. Структура градског геопростора је основни фактор ове нехомогености. "Те микропросторне разлике често су израженије од самог острва топлоте и имају оштрије границе између себе него острво топлоте од околине" (Sperber H., 1974; Kaminski V., 1984). У доминантне факторе урбане структуре могу се убројати врста подлоге, распоред великих топлотних извора, густина градње, распоред зелених површина, висина зграда и сл. Наравно, не треба изоставити ни природне факторе, као што су рељеф и велике водене површине.

Истраживања у Минхену (Bründl W., 1986), током изабраног летњег периода од 20.8. до 23.8.1984. године, су показала потпуну линеарну зависност средње температуре ваздуха од степена изграђености простора. Територијално посматрано то значи да у једном урбаном простору не постоји острво топлоте са једним језгром, него више области међусобно диференцираних у односу на температуру ваздуха, које можемо назвати *топлотним архипелагом*. Линија регресије (овде T = 14,4 + 4*IP, где је T температура ваздуха, а IP степен изграђености простора) сигурно није иста за све градове, а вероватно ни за различите делове једног града, па би било врло занимљиво спровести једно такво истраживање у Београду. На више места у деловима града са различитом изграђености простора би требало поставити привремена мерна места и мерити

температуру ваздуха за време антициклонског стања атмосфере. Добијени резултати би били вишеструко примењиви.

Велике урбане целине, у које се убраја и Београд, би морале поседовати мрежу метеоролошких станица на својој територији, јер је потреба за информацијама о времену и клими таквих простора вишеструка. Крајем 1952. године по плану М. Радошевића постављена је мрежа од 16 климатолошких и 28 падавинских станица у Београду и његовој ближој околини (у коју је, на пример, урачунато и Смедерево). Већина тих станица данас не ради. Ункашевић М. (1994) је искористила 12 климатолошких станица те мреже ради анализе разлика у температури Београд-околина (период 1970-1989). Из те анализе се тешко може сагледати просторна структура београдског острва топлоте, али су занимљива два резултата која истичу неке основне одлике урбаних острва топлоте. Први: разлике у средњим месечним температурама мереним у 21 час између градских и сеоских станица се крећу око 1-2 ºC; и други: средње годишње вредности дневних амплитуда температуре на сеоским станицама се крећу око 6-7 ºC (у Сурчину 5,6 ºC), а на градским станицама 4-5 ºC.

На локацијама топлана у Београду, које улазе у састав радне организације "Београдске електране", врше се континуирана мерења температуре ваздуха, али само у периоду грејне сезоне (октобар-април). Температуре се мере на сваки сат времена и то према упутству ХМЗ Србије, што омогућава упоредивост са подацима добијеним на станицама основне мреже. Ипак, значајна разлика је у томе што се овде температуре заокружују на цео степен. Николић Д., Васиљевић П. и Савић Р. (1998) су вршили упоређивања вредности температуре ваздуха на локацијама десет изабраних топлана. Ове температуре су поређене са температурама измереним на Метеоролошкој опсерваторији.

Табела 7. Неке терминске температуре ваздуха (ºC) код топлана у Београду измерене 30. јануара 1998. године (Николић Д., Васиљевић П., Савић Р., 1998).

Време мерења (h)	08.	09.	10.	11.	12.	13.	15.	16.	18.
Нови Београд	-2	0	1	2	3	4	4	3	0
Дунав	-1	-1	1	2	3	4	4	3	0
Коњарник	-2	-2	-1	0	1	1	2	2	-1
Вождовац	-3	-2	-1	0	1	1	1	0	-2
Церак	-1	0	0	2	3	5	5	5	-2
Баново брдо	-1	0	0	2	4	4	5	5	-2
Миљаковац	-3	-1	1	2	3	2	5	4	-1
Миријево	-3	-2	-1	0	1	2	3	3	-2
Медаковић	-4	-3	-2	-1	0	1	1	1	-2
Батајница	-7	-4	-2	1	2	3	4	4	-2
М.Опсерваторија	-2.6	-2.3	-1.3	-0.7	2.0	3.3	3.4	2.8	1.2

Дневни ток температуре у интервалу од 6 до 20 часова је поређен 30. јануара 1998. године (таб. 7), који је по њима био репрезентативан датум. Температуре на свим местима (као и на Опсерваторији) имају сличан ток, а са одступањима која зависе од положаја топлане у односу на урбану структуру. "Највеће одступање има топлана Батајница која је и најудаљенија од центра града: у јутарњим часовима је температура за 6 до 8 степени нижа него у осталим објектима, у раним поподневним часовима је температура изједначена са осталим максималним температурама, а увече је опет најнижа измерена". Вредности на мерним местима Церак и Баново Брдо (густа градња) су приближно исте и два степена су изнад Опсерваторије. Нови Београд и Дунав (близина река) су такође "блиски", али су врло мало изнад реперних температура. Оне до 16 часова прате тренд, а затим брже опадају. Остале станице су међусобно сличније.

Упоређивањем температура измерених у 8 часова сваког дана током марта 1998. године су, такође, дала занимљиве резултате. Одступања међу појединим местима су понекада износила чак и до 10 ºC. Батајница константно има ниже температуре од Опсерваторије за 2 до 2,5 ºC. Сењак, Миријево, Коњарник и Баново брдо имају (такође апроксимирано) више вредности углавном до 1 ºC, а највише до 2 ºC. Просечна јануарска одступања од температуре на Врачару (термин у 10 часова) показују да је Батајница хладнија за 3,6 ºC, Нови Београд и Дунав за око 1 ºC, а Церак и Баново Брдо су топлији за око 1 ºC. Овакво поређење за март у 8 часова показује сличне резултате, али су вредности одступања нешто мање, што се уклапа у теорију да су разлике израженије у хладнијим месецима. Занимљиво је упоредити топлане Баново Брдо и Нови Београд са Метеоролошком опсерваторијом. Прва се налази на 130 m, само 2 m "испод" Опсерваторије, а има као што смо видели највеће позитивне разлике међу свим мерним местима. Друга лежи знатно ниже, на 70 m надморске висине, и има скоро увек ниже температуре од Опсерваторије. Ове две топлане се налазе на међусобном растојању око 2 km и на оптичкој видљивости, а разлике у температурама им износе око 2 ºC. Разлике настају због утицаја реке и отворености простора (Нови Београд, али и Дунав), као и густине градње (Баново брдо, али и Коњарник и Медаковић). Резултати овог рада имају велики теоријски и примењени значај, али би било боље да су мерења целогодишња и да се врше са тачношћу од 0,1 ºC, као и да се у разматрање узме вишегодишњи период. Наравно, овде изостаје и веома важна анализа синоптичких услова у посматраним тренуцима.

Током 1974. године Институт за Географију Природно-математичког факултета је на крову зграде Филолошког факултета вршио мерења температуре ваздуха помоћу екстремних термометара, чији су подаци упоредиви са подацима мерења у мрежи осматрачких станица. Надморска висина на којој се налази поменута зграда износи 112,5 m, а висина на којој су вршена мерења је 22 m изнад тла. То значи да је укупна надморска висина 134,5 m, што је скоро једнако надморској висини мерења у Карађорђевом парку (134 m). Поређење би се ипак морало узети са резервом с обзиром на велику разлику у висини мерења изнад тла (22 према 2 m). Сачувани подаци ових мерења се односе на апсолутне екстреме за целу 1974. годину и на средње месечне екстреме за првих пет месеци у години (таб. 8).

Табела 8. Екстремне температуре ваздуха (ºC) на Метеоролошкој опсерваторији (МО) и на крову зграде Филолошког факултета (ФФ) 1974. године.

Параметар	Место	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
Ср. макс.	ФФ	5.9	12.0	14.5	16.5	20.8	-	-	-	-	-	-	-	-
	МО	4.8	11.6	13.7	15.7	20.1	-	-	-	-	-	-	-	-
Ср. мин.	ФФ	0.7	4.8	5.9	7.5	11.4	-	-	-	-	-	-	-	-
	МО	-0.2	3.9	4.8	6.7	10.8	-	-	-	-	-	-	-	-
Апс. макс.	ФФ	10.4	18.0	28.0	24.3	30.5	30.5	36.5	37.5	33.0	23.5	20.5	10.0	37.5
	МО	9.7	17.6	26.6	23.6	29.4	29.5	35.3	34.9	30.2	21.0	18.4	12.6	35.3
Апс. мин.	ФФ	-4.8	-1.0	-1.5	3.5	8.0	9.0	11.5	13.0	9.0	0.5	0.5	0.3	-4.8
	МО	-6.3	-1.8	-2.0	2.7	7.4	8.7	10.7	12.8	5.5	0.4	0.5	-5.6	-6.3

Из табеле се види да осмотрени екстреми током целе године имају веће вредности у односу на Метеоролошку опсерваторију. Имајући у виду да је зграда Филолошког факултета у најстрожем центру града, окружена бројним грађевинама (изворима топлоте), то онда потврђује теорију о просторној хетерогености урбаних острва топлоте и утицају степена изграђености простора, тј. распореда топлотних извора (Анђелковић Г., 2002). Запажа се да су разлике током зиме веће, што такође иде у прилог поменутој тврдњи.

Закључак и дискусија

Урбано или градско острво топлоте, као феномен више температуре ваздуха у градовима у односу на околину, представља најважнију последицу утицаја урбанизације на топоклиму. У односу на мање градове у окружењу (Панчево, Сремска Митровица, Шабац, Ваљево, Смедеревска Паланка, Зрењанин, Вршац, Бела Црква и Велико Градиште) Београд има вишу средњу годишњу температуру за 0,4 до 1,0 ºC (последњи климатски период: 1961-1990). Урбанизација можда није једини, али је сигурно главни узрок оволиким разликама, што потврђује и чињеница да само Нови Сад, као једини већи град у близини, има температуру ваздуха као и Београд (11,8 ºC). Без обзира на локални утицај аеродромског комплекса, врло поуздан показатељ интензитета београдског острва топлоте јесте температура ваздуха измерена на аеродрому у Сурчину, који се налази изван урбаних утицаја. У периоду 1971-1990. година средња годишња температура ваздуха на аеродрому је износила 11,2 ºC, а у центру Београда је била 0,7 ºC виша. Свако урбано острво топлоте долази до највећег изражаја када се посматрају минималне температуре. Београд има вишу апсолутну минималну температуру од своје околине у свим месецима. У последњем климатском периоду апсолутни минимум температуре у Београду је чак за 5,4 ºC био виши од највише измерене вредности овог параметра у ширем окружењу (Велико Градиште -26,4 ºC). У поменутом двадесетогодишњем периоду апсолутни минимум температуре ваздуха у Сурчину је износио -26,0 ºC, а у центру града само -18,2 ºC. Број мразних дана је на аеродрому износио 77,8, а у Београду 58,2.

Међутим, острво топлоте није стационарна категорија. Његов интензитет подлеже како периодичним тако и непериодичним променама. Иако је београдско острво топлоте настало са настанком града, јаче изражено је постало тек почетком XX века (0,4 ºC), а током следећих пет-шест деценија бележи брз пораст интензитета (до 0,9 ºC). Ово се поклапа са периодом раста становништва и развоја градских делатности, пре свега индустрије. Током једне године интензитет београдског острва топлоте достиже свој максимум зими. У јануару град је у односу на Сурчин топлији просечно за 1,0 ºC, а у септембру само за 0,1 ºC. Дневне варијације острва топлоте су такве да, посматрањем климатолошких термина, оно свој највећи интензитет достиже у вечерњим часовима (у 21 час 0,9 ºC). Ако се посматрају средње вредности екстремних дневних температура, запажа се изразита разлика: средњи минимуми су у граду за 1,5 ºC изнад минимума на аеродрому, док су максимуми само за 0,2 ºC виши. Зими у конкретним антициклонским условима у граду може бити топлије и до 10 ºC него у непосредној околини. Истовремено са дугогодишњим растом интензитета острва топлоте шири се и његов "просторни домет". Просторна структура острва топлоте Београда је врло изражена. Одступања вредности температуре међу појединим тачкама мерења у јутарњим часовима зими могу достићи 6-8 ºC (за толико у Батајници може бити хладније него у другим деловима града).

Човеков утицај на климу у урбаним просторима се испољава у три главна вида. То су: измене карактеристика урбане Земљине површине, затим промене карактеристика атмосфере изнад градова и на крају антропогена емисија топлоте. До сада се говорило о збирном ефекту групе фактора, а проучавања утицаја појединих фактора на климу Београда су врло оскудна. Ипак, извесни резултати могу упућивати на правце будућих истраживања. Већ анализа основних карактеристика острва топлоте указује да је антропогена проиводња топлоте један од главних узрока пораста температуре ваздуха. Ово је важно посебно због тога што је потпуно јасно да се сва енергија коју човек на било који начин производи на крају претвара у топлоту и манифестује порастом температуре. Са друге стране проучавања климе од стране бројних аутора су показала њену велику осетљивост чак на врло мале измене у дотоку топлоте на горњу

границу атмосфере. Будико М. И. (1974) је израчунао да појачање Сунчевог зрачења за само 1% доводи до пораста температуре ваздуха на Земљиној површини од 1,5 ºC. Он је, такође, проучавао проблем утицаја вештачки произведене топлоте на температурне услове на Земљи. По јединици површине целе планете та енергија није велика и износи 0,01326 W/m^2 (Будыко М. И., 1962). По њему та количина топлоте узрокује пораст температуре ваздуха од 0,01 ºC. Градови представљају највеће произвођаче енергије на Земљи. Просечна вредност антропогене емисије топлоте у Београду, у периоду 1971-1990. година, износи 3,93 W/m^2 (Анђелковић Г., 2002). Када повежемо ове резултате долазимо до занимљивих закључака. Количина топлоте коју човек у Београду производи би била способна да промени температуру ваздуха у граду за 3 ºC.

Јасно је да до оволиког пораста температуре не долази. Разлог томе је постојање атмосферске циркулације. Другим речима, топлота произведена у граду бива одношена адвекцијом и расејана на великом простору. У крајњој мери утицај ослобођене количине енергије на отопљавање увек је тесно повезан са метеоролошким условима. Слабљење загревања под утицајем атмосферске циркулације тим је веће што је мања област на којој је сконцентрисана производња антропогене топлоте. Али, горе поменуте вредности се односе на целу годину. Посматрано сезонски ситуација је другачија: интензитет београдског острва топлоте изразито расте током зимског периода (као и продукција топлоте). Са друге стране просторна структура урбаног острва топлоте је хетерогена: око великих извора топлоте констатоване су знатно више температуре ваздуха него даље од њих.

ЛИТЕРАТУРА

Адаменко В. Н., (1979): **Мелиоративная микроклиматология.** Гидрометеоиздат, Ленинград.

Анђелковић Г., (2002): **Утицај антропогених извора топлоте на климу Београда.** Магистарски рад, Географски факултет, Београд.

Будыко М. И., (1962): **Полярные льды и климат.** Известия АН СССР, Серия Географическая, № 6.

Будыко М. И., (1974): **Изменения климата.** Гидрометеоиздат, Ленинград.

Глазырин Г. Е., Домашева Н. А., Морозюк Ж. В., Яковлев А. В., (1991): **Вековой ход климата Ташкента.** Изд. Узбекистан ГО. Ташкент.

Дуцић В., Анђелковић Г., (2001): **Прилог проучавању постанка и развоја острва топлоте у Београду.** Зборник радова научно-стручног скупа "Планска и нормативна заштита простора и животне средине", Асоцијација просторних планера Србије, Београд.

Катић П., Марић Н., Хаџивуковић С., (1986): **Анализа просечних месечних температура ваздуха у Новом Саду у периоду 1881-1981 година.** Зборник метеоролошких и хидролошких радова, бр.13, Београд.

Ландсберг Г. Е., (1983): **Климат города.** Гидрометеоиздат, Ленинград.

Макјанић Б., Пензар Б., Пензар И., (1977): **Прилог познавању климе града Загреба - I.** Свеучилиште у Загребу, Загреб.

Оке Т. Р., (1982): **Климаты пограничного слоя.** Гидрометеоиздат, Ленинград.

Панин С., (1987): **Статистички прилог процени утицаја урбаних средина на температуру ваздуха.** Зборник метеоролошких и хидролошких радова; бр. 14, РХМЗ Србије, СХМЗ и Метеоролошко друштво Србије; Београд.

Поповић З., (1987): **Дневни ход температуре ваздуха у Београду и околини 26. и 31. јануара 1987. године.** Зборник метеоролошких и хидролошких радова, бр. 14; РХМЗ Србије, СХМЗ и Метеоролошко друштво Србије; Београд.

Радовановић М., (2001): **Утицај рељефа и атмосферске циркулације на диференцијацију климата у Србији.** Докторска дисертација, Географски факултет, Београд.

Савезни хидрометеоролошки завод, (1994): **Климатографија аеродрома Београд - Сурчин.** Београд.

Савезни хидрометеоролошки завод: **Метеоролошки годишњаци од 1961. до 1990.** Београд.

Тухтар Д., (1981): **Енергија и аерозагађење: локални и глобални ефекти**. Зборник научног скупа "Енергија и средина", Југословенски савез за заштиту и унапређивање човекове средине, Сарајево.

Ункашевић М. (1994): **Клима Београда.** Научна књига, Београд.

Храбак-Тумпа Г., (1987): **Неке климатске карактеристике топлинског отока Загреба.** Зборник метеоролошких и хидролошких радова, бр. 14; РХМЗ Србије, СХМЗ и Метеоролошко друштво Србије; Београд.

Шегота Т., (1988): **Климатологија за географе.** Школска књига, Загреб.

Bründl W., (1986): **Planungsrechte Ergebnisse von Stadtklima Bayern.** "International Symposium on Urban and Local Climatology", Freiburger Geographische Hefte, Institut für Physische Geographie der Albert-Ludwigs-Universität, Freiburg.

Fallot J. M., (1986): **Mesures de l'Ilot de Chaleur Urbain dans le Cadre d'une Petite Ville à Topographie Tourmentée: Le Cas de Fribourg (Suisse).** "International Symposium on Urban and Local Climatology", Freiburger Geographische Hefte, Institut für Physische Geographie der Albert-Ludwigs-Universität, Freiburg.

Kaminski V., (1984): **Bioklimatisch orientierte Stadtplanung und der Nutzwerte einzelner Maßnahmen.** Raumforschung und Raumordnung, Heft 4-5.

Landsberg H. E., Brush D. A., (1980): **Some observations of the Baltimore, Md., heat island.** Inst. Phys. Sci. Technol. Tech. Note, BN-948. Univ. of Maryland, College Park, Marylland.

Mitchell J. M. Jr., (1961): **The temperature of cities.** Weatherwise, N 14.

Park H. S., (1987): **Variations in the urban heat island intensity affected by geographical environments.** Environmental Research Center Papers, Nr. 11, The University of Tsukuba, Tsukuba.

Sperber H., (1974): **Mikroklimatisch - ökologische Untersuchung der Grünanlagen Bonns.** Diss. Landw. Fak. der Universität Bonn, Bonn.

GORAN ANĐELKOVIĆ

Summary

THE BASIC CHARACTERISTICS OF THE BELGRADE'S HEAT ISLAND

The urban heat island, as a phenomenon due to the higher air temperature in the cities as compared to their immediate surroundings, represents the most important consequence of the urbanization influence on the topoclimate. As compared to the smaller cities in its surroundings, Belgrade's average annual temperature is from 0,4 to 1,0 ºC higher (period 1961-1990). A very liable index of the Belgrade's heat island is the air temperature measured at the airport in Surcin. In the period from 1971-1990. average annual air temperature at the airport was 11,2 ºC, and in the city center it was 0,7 ºC higher. Belgrade has a higher absolute minimal temperature than its surroundings during every month. In the last climatic period the absolute temperature minimum in Belgrade was even 5,4 ºC higher than the highest value measured within this parameter in its wider surroundings (Veliko Gradiste -26,4 ºC). In the above mentioned twenty years period the absolute air temperature minimum in Surcin was -26,0 ºC, and in the city center only -18,2 ºC. The number of the frosty days at the airport was 77,8, and in Belgrade 58,2.

Although the heat island of Begrade was formed together with formation of the city, it was more evident at the beginning of the 20th century (0,4 ºC). During the next five to six decades a faster intensity growth was recorded (up to 0,9 ºC). This coincides with the period of the population growth as well as with development of the city activities, industry above all. During one year the intensity of the Belgrade's heat island reached its maximum in winter. In January the sity, as comparated to Surcin, was warmer for about 1,0 ºC, and in September for only 0,1 ºC. The daily variations of the heat island are such that it reaches its highest intesity during the evening hours (at 9 p.m. 0,9 ºC). If the average values of the extreme daily temperatures are being examined, one can see a distinct difference: average city minimums are 1,5 ºC higher than the airport minimums, while the maximums are only 0,2 ºC higher. During winter, in concrete anticyclonic condicions, it can be 10 ºC warmer in the city than in the immediate surroundings. Together with the perennial growth of heat island intesity, its "space range" also expands. The space structure of the heat island is very distinct. Exceptions in the temperature values between certain points of measurements in the winter morning hours can go up to 6-8 ºC.